

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-124555

(43)Date of publication of application : 26.04.2002

(51)Int.Cl.

H01L 21/66  
G01N 23/225  
H01J 37/22  
H01J 37/28

(21)Application number : 2000-316334

(22)Date of filing : 17.10.2000

(71)Applicant : HITACHI LTD

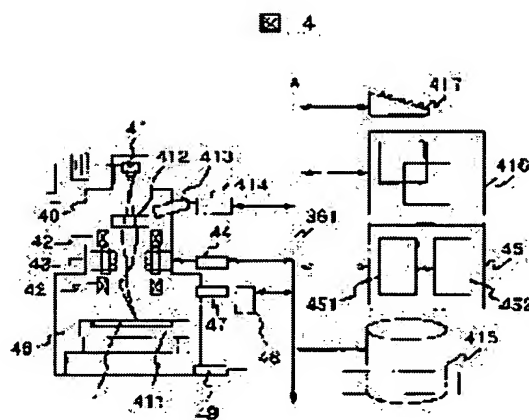
(72)Inventor : OKUDA HIROTO  
TAKAGI YUJI  
SHIBUYA HISAE  
NAKAGAKI AKIRA  
KUROSAKI TOSHISHIGE  
OBARA KENJI

## (54) SEM-TYPE DEFECT-REVIEWING DEVICE AND METHOD AND INSPECTION SYSTEM

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an SEM-type defect-reviewing device that automatically classifies defects in continuity fail such as discontinuity and short-circuiting generated in conductor components such as a contact hole buried in a substrate to be inspected such as a semiconductor wafer to categories correlating closely with the causes of the defect.

**SOLUTION:** Potential contrast defects are classified according to the arrangement state of the defect holes, or are classified based on the correlation with a component position in a preprocess by referring to design information. In addition, the cause of defect is estimated.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-124555  
(P2002-124555A)

(43)公開日 平成14年4月26日(2002.4.26)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコード*(参考)
H 0 1 L 21/66		H 0 1 L 21/66	J 2 G 0 0 1
			S 4 M 1 0 6
G 0 1 N 23/225		G 0 1 N 23/225	5 C 0 3 3
H 0 1 J 37/22	5 0 2	H 0 1 J 37/22	5 0 2 D
37/28		37/28	B
審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 15 頁)			

(21)出願番号 特願2000-316334(P2000-316334)

(22)出願日 平成12年10月17日(2000.10.17)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 奥田 浩人

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 高木 裕治

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(74)代理人 100068504

弁理士 小川 勝男 (外2名)

最終頁に続く

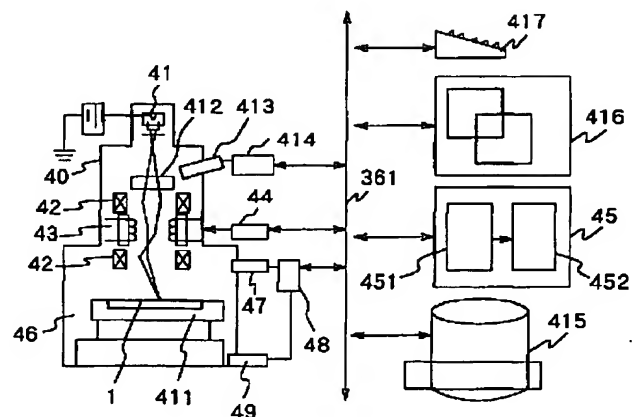
(54)【発明の名称】 S E M式欠陥レビュー装置およびその方法並びに検査システム

(57)【要約】

【課題】 半導体ウエハ等の被検査対象基板内に埋もれたコンタクトホール等の導体部品に発生する導通不良(非導通、短絡など)欠陥について、その発生原因と直接相関の高いカテゴリに自動的に分類してユーザに提示するS E M式欠陥レビュー装置およびその方法を提供することにある。

【解決手段】 電位コントラスト欠陥を欠陥孔の配置状態によって分類、あるいは、設計情報を参照して、前工程における部品位置との相関関係に基づいて分類する。さらには、欠陥原因を推定する。

図 4



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 外観検査装置から得られる被検査対象基板上の欠陥の位置情報に基づいて被検査対象基板を載置するステージを走行制御して被検査対象基板上の欠陥部位を電子線光軸に対して位置決めし、該位置決めされた被検査対象基板上の欠陥部位に対して収束された電子線ビームを走査照射して上記欠陥部位から電位コントラストとして生じる 2 次電子を検出して欠陥画像信号に変換する SEM 式欠陥レビュー装置であって、上記被検査対象基板上の欠陥を、上記変換された欠陥画像信号と、上記被検査対象基板に関する各種導体部品のレイアウト情報とに基づいて、上記被検査対象基板における各種導体部品についての導通不良欠陥の種類で示される分類カテゴリに自動的に分類するカテゴリ分類手段を備えたことを特徴とする SEM 式欠陥レビュー装置。

【請求項 2】 外観検査装置から得られる被検査対象基板上の欠陥の位置情報に基づいて被検査対象基板を載置するステージを走行制御して被検査対象基板上の欠陥部位を電子線光軸に対して位置決めし、該位置決めされた被検査対象基板上の欠陥部位に対して収束された電子線ビームを走査照射して上記欠陥部位から電位コントラストとして生じる 2 次電子を検出して欠陥画像信号に変換する SEM 式欠陥レビュー装置であって、上記被検査対象基板上の欠陥を、上記変換された欠陥画像信号を元に、被検査対象基板上での欠陥部位についての導通不良欠陥の種類およびその配置状態で示される基本カテゴリに分類する分類手段と、更に、該分類手段で分類された基本カテゴリにおける被検査対象基板上での欠陥部位についての導通不良欠陥の配置状態と被検査対象基板に関する各種導体部品のレイアウト情報とを照合することによって、被検査対象基板における各種導体部品についての上記基本カテゴリから得られる導通不良欠陥の種類で示される分類カテゴリに自動的に分類するカテゴリ分類手段とを備えたことを特徴とする SEM 式欠陥レビュー装置。

【請求項 3】 外観検査装置から得られる被検査対象基板上の欠陥の位置情報に基づいて被検査対象基板を載置するステージを走行制御して被検査対象基板上の欠陥部位を電子線光軸に対して位置決めし、該位置決めされた被検査対象基板上の欠陥部位に対して収束された電子線ビームを走査照射して上記欠陥部位から電位コントラストとして生じる 2 次電子を検出して欠陥画像信号に変換する SEM 式欠陥レビュー装置であって、上記変換された欠陥画像信号が検出される被検査対象基板上の位置情報と被検査対象基板に関する各種導体部品のレイアウト情報とを照合することによって被検査対象基板上での欠陥部位を示す各種導体部品を特定する特定手段と、該特定手段で各種導体部品が特定された欠陥部位の欠陥画像信号を元に、被検査対象基板における各種導体部品

についての導通不良欠陥の種類で示される分類カテゴリに自動的に分類するカテゴリ分類手段とを備えたことを特徴とする SEM 式欠陥レビュー装置。

【請求項 4】 更に、上記カテゴリ分類手段で分類された分類カテゴリを出力して表示する表示手段を備えたことを特徴とする請求項 1～3 のいずれか一つに記載された SEM 式欠陥レビュー装置。

【請求項 5】 更に、分類カテゴリ毎に対応させて登録されてある欠陥発生原因相関データから、上記カテゴリ分類手段によって分類された分類カテゴリによって検索して欠陥発生原因を推定する欠陥原因推定手段と、該欠陥原因推定手段で推定された欠陥発生原因を出力して表示する表示手段とを備えたことを特徴とする請求項 1～3 のいずれか一つに記載された SEM 式欠陥レビュー装置。

【請求項 6】 上記分類手段は、欠陥画像信号の欠陥部位における輝度値の大小に基づいて導通不良欠陥の種類を分類するように構成することを特徴とする請求項 2 または 5 記載の SEM 式欠陥レビュー装置。

【請求項 7】 上記分類手段は、欠陥デジタル画像信号における欠陥部位の配置を調べて導通不良欠陥の配置状態を分類するように構成することを特徴とする請求項 2 または 5 記載の SEM 式欠陥レビュー装置。

【請求項 8】 上記分類手段は、欠陥デジタル画像信号における欠陥部位の配置を調べて導通不良欠陥の配置状態として孤立、直線および領域の少なくとも何れかに分類するように構成することを特徴とする請求項 2 または 5 記載の SEM 式欠陥レビュー装置。

【請求項 9】 上記表示手段には、更に、上記カテゴリ分類手段によって分類された分類カテゴリを出力して表示するように構成したことを特徴とする請求項 5 記載の SEM 式欠陥レビュー装置。

【請求項 10】 上記表示手段には、上記分類カテゴリを被検査対象基板上にマップ状にして表示するように構成したことを特徴とする請求項 4、または 7 記載の SEM 式欠陥レビュー装置。

【請求項 11】 上記表示手段には、上記分類カテゴリをチップ毎の分布マップとして重畳させて表示するように構成したことを特徴とする請求項 4 または 7 記載の SEM 式欠陥レビュー装置。

【請求項 12】 請求項 1～11 のいずれか一つに記載の SEM 式欠陥レビュー装置を、SEM 式外観検査装置または光学式外観検査装置とネットワークで接続して構成したことを特徴とする検査システム。

【請求項 13】 外観検査装置から得られる被検査対象基板上の欠陥の位置情報に基づいて被検査対象基板を載置するステージを走行制御して被検査対象基板上の欠陥部位を電子線光軸に対して位置決めし、該位置決めされた被検査対象基板上の欠陥部位に対して収束された電子線ビームを走査照射して上記欠陥部位から電位コントラ

トとして生じる 2 次電子を検出して欠陥画像信号に変換する SEM 式欠陥レビュー方法であって、上記被検査対象基板上の欠陥を、上記変換された欠陥画像信号と、上記被検査対象基板に関する各種導体部品のレイアウト情報とに基づいて、上記被検査対象基板における各種導体部品についての導通不良欠陥の種類で示される分類カテゴリに自動的に分類するカテゴリ分類過程とを有することを特徴とする SEM 式欠陥レビュー方法。

【請求項 14】外観検査装置から得られる被検査対象基板上の欠陥の位置情報に基づいて被検査対象基板を載置するステージを走行制御して被検査対象基板上の欠陥部位を電子線光軸に対して位置決めし、該位置決めされた被検査対象基板上の欠陥部位に対して収束された電子線ビームを走査照射して上記欠陥部位から電位コントラストとして生じる 2 次電子を検出して欠陥画像信号に変換する SEM 式欠陥レビュー方法であって、上記被検査対象基板上の欠陥を、上記変換された欠陥画像信号を元に、被検査対象基板上での欠陥部位についての導通不良欠陥の種類およびその配置状態で示される基本カテゴリに分類する分類過程と、更に、該分類過程で分類された基本カテゴリにおける被検査対象基板上での欠陥部位についての導通不良欠陥の配置状態と被検査対象基板に関する各種導体部品のレイアウト情報とを照合することによって、被検査対象基板における各種導体部品についての上記基本カテゴリから得られる導通不良欠陥の種類で示される分類カテゴリに自動的に分類するカテゴリ分類過程とを有することを特徴とする SEM 式欠陥レビュー方法。

【請求項 15】外観検査装置から得られる被検査対象基板上の欠陥の位置情報に基づいて被検査対象基板を載置するステージを走行制御して被検査対象基板上の欠陥部位を電子線光軸に対して位置決めし、該位置決めされた被検査対象基板上の欠陥部位に対して収束された電子線ビームを走査照射して上記欠陥部位から電位コントラストとして生じる 2 次電子を検出して欠陥画像信号に変換する SEM 式欠陥レビュー方法であって、上記変換された欠陥画像信号が検出される被検査対象基板上の位置情報と被検査対象基板に関する各種導体部品のレイアウト情報とを照合することによって被検査対象基板上での欠陥部位を示す各種導体部品を特定する特定過程と、該特定過程で各種導体部品が特定された欠陥部位の欠陥画像信号を元に、被検査対象基板における各種導体部品についての導通不良欠陥の種類で示される分類カテゴリに自動的に分類するカテゴリ分類過程とを有することを特徴とする SEM 式欠陥レビュー方法。

【請求項 16】更に、上記カテゴリ分類過程で分類された分類カテゴリを表示手段に出力して表示する表示過程を有することを特徴とする請求項 13～15 のいずれか

一つに記載された SEM 式欠陥レビュー方法。

【請求項 17】更に、分類カテゴリ毎に対応させて登録されてある欠陥発生原因相関データから、上記カテゴリ分類過程によって分類された分類カテゴリによって検索して欠陥発生原因を推定する欠陥原因推定過程と、該欠陥原因推定過程で推定された欠陥発生原因を表示手段に出力して表示する表示過程とを有することを特徴とする請求項 13～15 のいずれか一つに記載された SEM 式欠陥レビュー方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、工業製品の外観を高速に自動検査するための技術に係わり、特に半導体回路基板上で 2 次電子線像として検出された電位コントラスト欠陥の詳細な確認作業（欠陥レビュー）を効率的に行うために好適な SEM 式欠陥レビュー装置（欠陥自動分類装置）およびその方法並びに検査システムに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、LSI 製造プロセスにおいては、歩留まり向上とプロセスモニタを目的として、半導体回路基板の自動外観検査技術が用いられている。

【0003】この自動外観検査技術としては、光学式のもの、電子ビームによるものが知られている。この電子ビームによる SEM 式外観検査装置の従来技術としては、特開平 11-26530 号公報（従来技術 1）、特開平 11-87446 号公報（従来技術 2）、および特開平 11-160402 号公報（従来技術 3）において知られている。

【0004】従来技術 1 には、半導体装置の製造過程で同一設計パターン中の欠陥を電子線で検査する方法において、基板の種類と加工工程に応じて、形状検査と電位コントラストによる検査のモードを選択し、速やかに誤りなく半導体ウエハを高精度に検査することが記載されている。

【0005】また、従来技術 2 には、被検査物に電子線ビームを照射し、被検査物から得られる電子流を検知して映像信号を出力する撮像手段と、該撮像手段で得られた映像信号から欠陥領域を抽出する欠陥抽出手段と、該欠陥領域の抽出に同期して欠陥の画像的特徴量を演算する特徴量演算手段と、該画像的特徴量に基づいて欠陥をクラスタ分類する分類手段と、該クラスタ分類した結果を表示する表示手段とを備えたパターン欠陥検査装置が記載されている。

【0006】また、従来技術 3 には、被検査基板に電子線を照射し、被検査基板から二次的に発生する信号を検出して画像データを取得する手段と、該取得された画像データと参照画像データとを比較して回路パターンの欠陥部を検出する欠陥検出手段と、該手段で検出された回路パターンの欠陥部の画像データを微分処理し、該微分

処理した結果を判別条件と比較してパターン欠陥の種類（孤立欠陥、突起、ショート、欠け、断線、薄膜残り、開口不良）を判別する手段とを回路パターン検査装置が記載されている。

【0007】他方、電子回路基板におけるコンタクトホール導通状態を検査する従来技術としては、特開昭57-196539号公報（従来技術4）、特開平6-82507号公報（従来技術5）、および特開平10-284552号公報（従来技術6）において知られている。

【0008】従来技術4には、2つの面を有する絶縁構造体の少なくとも一方の面において個々の導体の端部が露出した状態の導体の電気的連続性を電気的に接触することなくテストするための装置において、上記構造体の両面に電荷を供給するための1対の広範囲照射電子ビーム発生装置と、上記構造体の少なくとも1面の選択された部分を照射するための走査電子ビーム手段と、上記走査電子ビーム手段により照射された選択された部分からの二次電子の放出を検出するための手段を含むことが記載されている。

【0009】また、従来技術5には、絶縁物上に配線パターンを形成した配線板の検査方法において、上記配線パターンの一箇所を電子ビームを照射し、上記配線パターンの異なる箇所を正イオンビームを照射して照射箇所から放出される二次電子の量を検出して、導体パターンの導通・非導通を検査することが記載されている。

【0010】また、従来技術6には、被検査試料に形成された所望の配線パターンに対して書込用のパルス状荷電粒子ビームを照射して電位を付与し、上記所望の配線パターンにおける所望の箇所に対して呼出用のパルス状荷電粒子ビームを照射して所望の箇所から生じる2次電子を検出し、該検出される2次電子に応じた信号から配線パターンの導通に基づく電位の変化を調べて断線欠陥または短絡欠陥を検査することが記載されている。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】LSI製造プロセスの微細化と多層配線化に伴い、層間導通孔が高アスペクト比（径と孔深さの比）化している。この結果、孔形成工程において導通不良欠陥（非導通、短絡）の検査重要性が増大している。

【0012】しかし、上記従来技術に記載された電位コントラスト欠陥検出方法を用いると、孔形成工程における導通不良欠陥（非導通、短絡）の検査が可能となる。

【0013】しかしながら、上記導通不良欠陥（非導通、短絡）の検査を元に、導通不良欠陥の発生原因を特定することにより、プロセス条件の改善に活用したり、欠陥ウエハの選別を行う必要がある。このように、導通不良欠陥の発生原因を特定するためには、導通不良欠陥の状態を詳細に把握する必要があり、そのためには、導通不良欠陥個所の画像を確認すること、すなわち導通不

良欠陥レビューが有効となる。

【0014】ところで、欠陥レビューは、通常、外観検査装置等により欠陥の位置情報を検出し、検査シーケンス終了後に、上記外観検査装置の稼働率を向上させるためにレビュー作業用の専用装置上で上記欠陥の位置情報を元に被検査対象を位置決めし、該位置決めされた欠陥の位置の画像を逐一再取得し、再取得した画像を表示装置に表示して目視確認（レビュー）することによって行われている。

【0015】しかし、近年、ウエハの大口径化、微細化により、ウエハ1枚あたりの欠陥数は数千点に達し、目視による欠陥レビューは、不可能になりつつある。

【0016】これを解決するブレイクスルーとしては、検出した画像を自動的に解析し、欠陥種類毎に欠陥を分類する欠陥自動分類（ADC: Automatic Defect Classification）技術の早急な確立が望まれている。この欠陥自動分類技術としては、欠陥を欠陥原因の特定に直結するような種類（例えば、異物、CMP工程におけるスクラッチ、配線ショートなどのカテゴリ）毎に自動的に分類してユーザに提示するものである。

【0017】しかしながら、上記従来技術においては、半導体ウエハ等上に生じる欠陥をクラスタ分類あるいはパターン欠陥の種類（孤立欠陥、突起、ショート、欠け、断線、薄膜残り、開口不良）を分類することについて考慮されているが、コンタクトホールなどに発生する導通不良欠陥についてカテゴリ毎に分類し、該分類されたカテゴリに基いて導通不良欠陥の発生原因を推定することについて考慮されていない。

【0018】即ち、上記従来技術は、最終的にユーザに提示される情報は、通常のパターンにおける非導通欠陥か、短絡欠陥かの判定結果に過ぎず、コンタクトホール等に発生する導通不良欠陥の原因の特定のために十分有用な欠陥判定、もしくは分類方法については考慮されていない。

【0019】本発明の目的は、上記課題を解決すべく、半導体ウエハ等の被検査対象基板に埋められたコンタクトホール等の導体部品に発生する導通不良（非導通、短絡など）欠陥について、その発生原因と直接相関の高いカテゴリに自動的に分類してユーザに提示できるようにしたSEM式欠陥レビュー装置およびその方法並びに検査システムを提供することにある。

【0020】また、本発明の他の目的は、半導体ウエハ等の被検査対象基板に埋められたコンタクトホール等の導体部品に発生する導通不良（非導通、短絡など）欠陥について、その発生原因と直接相関の高いカテゴリに自動的に分類し、該分類されたカテゴリを元に導通不良欠陥の原因の特定等、欠陥発生状況の解析を容易化できるようにしたSEM式欠陥レビュー装置およびその方法並びに検査システムを提供することにある。

【0021】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、外観検査装置から得られる被検査対象基板上の欠陥の位置情報に基づいて被検査対象基板を載置するステージを走行制御して被検査対象基板上の欠陥部位を電子線光軸に対して位置決めし、該位置決めされた被検査対象基板上の欠陥部位に対して収束された電子線ビームを走査照射して上記欠陥部位から電位コントラストとして生じる２次電子を検出して欠陥画像信号に変換するＳＥＭ式欠陥レビュー装置およびその方法であって、上記被検査対象基板上の欠陥を、上記変換された欠陥画像信号と、上記被検査対象基板に関する各種導体部品のレイアウト情報とに基づいて、上記被検査対象基板における各種導体部品についての導通不良欠陥の種類で示される分類カテゴリに自動的に分類するカテゴリ分類手段とを備えたことを特徴とする。

【００２２】また、本発明は、外観検査装置から得られる被検査対象基板上の欠陥の位置情報に基づいて被検査対象基板を載置するステージを走行制御して被検査対象基板上の欠陥部位を電子線光軸に対して位置決めし、該位置決めされた被検査対象基板上の欠陥部位に対して収束された電子線ビームを走査照射して上記欠陥部位から電位コントラストとして生じる２次電子を検出して欠陥画像信号に変換するＳＥＭ式欠陥レビュー装置およびその方法であって、上記被検査対象基板上の欠陥を、上記変換された欠陥画像信号を元に、被検査対象基板上での欠陥部位についての導通不良欠陥の種類およびその配置状態で示される基本カテゴリに分類する分類手段と、更に、該分類手段で分類された基本カテゴリにおける被検査対象基板上での欠陥部位についての導通不良欠陥の配置状態と被検査対象基板に関する各種導体部品のレイアウト情報とを照合することによって、被検査対象基板における各種導体部品についての上記基本カテゴリから得られる導通不良欠陥の種類で示される分類カテゴリに自動的に分類するカテゴリ分類手段とを備えたことを特徴とする。

【００２３】また、本発明は、外観検査装置から得られる被検査対象基板上の欠陥の位置情報に基づいて被検査対象基板を載置するステージを走行制御して被検査対象基板上の欠陥部位を電子線光軸に対して位置決めし、該位置決めされた被検査対象基板上の欠陥部位に対して収束された電子線ビームを走査照射して上記欠陥部位から電位コントラストとして生じる２次電子を検出して欠陥画像信号に変換するＳＥＭ式欠陥レビュー装置およびその方法であって、上記変換された欠陥画像信号が検出される被検査対象基板上の位置情報と被検査対象基板に関する各種導体部品のレイアウト情報とを照合することによって被検査対象基板上での欠陥部位を示す各種導体部品を特定する特定手段と、該特定手段で各種導体部品が特定された欠陥部位の欠陥画像信号を元に、被検査対象基板における各種導体部品についての導通不良欠陥の種

類で示される分類カテゴリに自動的に分類するカテゴリ分類手段とを備えたことを特徴とする。

【００２４】また、本発明は、上記ＳＥＭ式欠陥レビュー装置およびその方法において、更に、上記カテゴリ分類手段で分類された分類カテゴリを出力して表示する表示手段を備えたことを特徴とする。

【００２５】また、本発明は、上記ＳＥＭ式欠陥レビュー装置およびその方法において、更に、分類カテゴリ毎に対応させて登録されてある欠陥発生原因相関データから、上記カテゴリ分類手段によって分類された分類カテゴリによって検索して欠陥発生原因を推定する欠陥原因推定手段と、該欠陥原因推定手段で推定された欠陥発生原因を出力して表示する表示手段とを備えたことを特徴とする。

【００２６】また、本発明は、上記ＳＥＭ式欠陥レビュー装置およびその方法において、上記分類手段は、欠陥画像信号の欠陥部位における輝度値の大小に基づいて導通不良欠陥の種類を分類するように構成することを特徴とする。

【００２７】また、本発明は、上記ＳＥＭ式欠陥レビュー装置およびその方法において、上記分類手段は、欠陥デジタル画像信号における欠陥部位の配置を調べて導通不良欠陥の配置状態を分類するように構成することを特徴とする。

【００２８】また、本発明は、上記ＳＥＭ式欠陥レビュー装置およびその方法において、上記分類手段は、欠陥デジタル画像信号における欠陥部位の配置を調べて導通不良欠陥の配置状態として孤立、直線および領域の少なくとも何れかに分類するように構成することを特徴とする。

【００２９】また、本発明は、上記ＳＥＭ式欠陥レビュー装置およびその方法において、上記表示手段には、更に、上記カテゴリ分類手段によって分類された分類カテゴリを出力して表示するように構成したことを特徴とする。

【００３０】また、本発明は、上記ＳＥＭ式欠陥レビュー装置およびその方法において、上記表示手段には、上記分類カテゴリを被検査対象基板上にマップ状にして表示するように構成したことを特徴とする。

【００３１】また、本発明は、上記ＳＥＭ式欠陥レビュー装置およびその方法において、上記表示手段には、上記分類カテゴリをチップ毎の分布マップとして重畳させて表示するように構成したことを特徴とする。

【００３２】また、本発明は、上記ＳＥＭ式欠陥レビュー装置を、ＳＥＭ式外観検査装置または光学式外観検査装置とネットワークで接続して構成したことを特徴とする検査システムである。

【００３３】以上説明した構成によれば、２次電子若しくは反射電子による画像として検出した電位コントラスト欠陥画像中に含まれる欠陥孔の配置状態に基づいて、



被検査対象基板内に埋もれた導体部品の導通不良欠陥を自動的に分類し、その分類結果をユーザに提示することができる。更には、推定される欠陥の原因をユーザに示すことによって、電位コントラスト欠陥の発生原因の容易な把握、推定を支援することが可能となる。

#### 【0034】

【発明の実施の形態】本発明に係わるパターン検査方法およびその装置の実施の形態について図面を用いて説明する。

【0035】図1は、検査対象である半導体回路基板1を示した斜視図である。半導体回路基板（半導体ウエハ）1には、多数の半導体チップが配列されて構成される。そして、半導体回路基板（半導体ウエハ）の状態では、各半導体チップには、多層構造の半導体回路2が、多数のパターン形成工程を繰り返して製造される。各パターン形成工程は、成膜、感光レジスト塗布、感光、現像、エッチング、レジスト除去、および洗浄のステップにより構成されている。これらの各ステップにおいて加工処理のための条件が最適化されていないと、回路パターン2が正常に形成され得ない。

【0036】図1には、様々なタイプの導通不良欠陥を示している。コンタクトホール3a～3cは下層の配線パターン3dと短絡している。欠陥の原因としては、孔形成のパターン露光工程における位置合わせ不良が考えられる。他の原因としては、配線工程における露光条件（露光装置の焦点や露光時間）が不適当だった結果、レジスト膜上に照射される光の量が少なすぎる場所が発生してしまい、パターンが太ること、などが考えられる。また、コンタクトホール3e、3fは短絡している。これは、エッチング途中に生成された薄膜や異物粒子がホール間に混入してしまった場合に発生することがある。また、コンタクトホール3gは、本来下層パッドと導通がされるべきところ、孔形成工程におけるエッチ不足によって導通がとられていない、導通不良欠陥である。

【0037】次に、導通不良欠陥を電位コントラスト画像によって検出する原理について、図2を用いて説明する。まず、半導体ウエハ1の表面に電子ビームを走査してウエハを帯電させると、絶縁層や、基板から電気的に浮いている導電体の周辺には帯電により小さな電位が生じるが、基板ヘリークしている導電体の電位はおよそ0のままである。次いで、電子ビームを照射すると、孔内部で発生した2次電子のうち、エネルギーの高い一部の電子は、孔壁の帯電によって生じた電位ポテンシャル障壁を超えて飛び出し、検出器413によって検出される。電位ポテンシャル障壁は、非導通孔4aで大きく、配線5と短絡している孔4bで小さくなるため、検出2次電子数は、非導通孔4aで少なく、短絡孔4bで多くなる。従って、2次電子検出画像（電位コントラスト画像）として、非導通孔4aは暗く、短絡が生じている孔4bは明るく検出される。このように、表面下層の導通

不良欠陥を電位コントラスト画像の明暗として検出することができる。

【0038】次に、本発明に係るパターン検査システムの実施例について図3を用いて説明する。本発明に係るパターン検査システムは、光学式ウエハ外観検査装置31、SEM式外観検査装置32、記憶装置33、本発明に係る欠陥レビューを目的とするパターン検査装置（欠陥レビュー装置）34、および入力手段35を、データの授受が可能なLAN（Local Area Network）36で接続して構成される。記憶装置33は、高速に検査することのできる光学式ウエハ外観検査装置31およびSEM式外観検査装置32での検査結果情報や、CADシステム等からLAN36を介して、または記録媒体等の入力手段35を用いて入力された半導体ウエハの設計情報（半導体チップの配列情報や半導体回路の設計情報）を記憶する。34は、本発明に係る欠陥レビューを目的とする高解像度を有するパターン検査装置（欠陥レビュー装置）である。35は、装置間のデータ転送に関する指示や、過去に検査した欠陥の種類と欠陥原因との相関に関する来歴データ等を入力するための入力手段である。当然、入力手段35には、表示装置（図示せず）を接続して構成される。なお、過去に検査した欠陥の種類と欠陥原因との相関に関する来歴データ等については、欠陥レビュー装置34に備えられた入力手段416を用いて入力して記憶装置415や33に記憶させても良い。

【0039】半導体ウエハ1は、高速で検査することのできる光学式ウエハ外観検査装置31またはSEM式外観検査装置32で検査され、この検査された欠陥位置情報がLAN36を介して記憶装置33に転送される。光学式ウエハ外観検査装置31は、コンタクトホール3の充填不足による欠陥や位置ずれが生じたコンタクトホール3の欠陥若しくは欠陥候補などを高速で検出してその位置情報を出力することが可能である。SEM式外観検査装置32についても、高速性を要求されるため、解像度を低下した状態で、検出器413で検出される2次電子検出画像（電位コントラスト画像）により、表面下層の導通不良欠陥や短絡欠陥およびその欠陥候補を電位コントラスト画像の明暗として概略検出することができ、その結果、上記欠陥若しくは欠陥候補の位置情報を取得することができる。このように、光学式ウエハ外観検査装置31やSEM式外観検査装置32は、半導体ウエハ1に対して高速に導通不良欠陥や短絡欠陥およびその欠陥候補を検出し、その位置情報を取得して記憶装置33若しくは欠陥レビュー装置34の記憶装置415などに格納するためのものである。

【0040】従って、欠陥レビュー装置34は、光学式ウエハ外観検査装置31やSEM式外観検査装置32で検出された欠陥の位置情報を元に、詳細解析することができることになる。即ち、欠陥レビュー装置34は、記

憶装置 33 に記憶された欠陥位置情報を参照して、欠陥個所の画像を再度取得し、欠陥の分類、分類結果の提示を行う。

【0041】次に、上記欠陥レビュー装置の実施例について、図 4 を用いて詳細に説明する。

【0042】欠陥レビュー装置は、電子ビームを出射する電子銃 41、電子ビームを収束する電子レンズ 42、および電子ビームを偏向させて照射するための偏向系（例えば偏向コイル）43 を設けた電子顕微鏡鏡筒 40 と、該電子顕微鏡鏡筒 40 に対向する位置に形成された試料室 46 とを備えて構成される。

【0043】電子銃 41 は、熱電子を放出するために加熱されたフィラメントと、発散しようとする電子を収束するウエーネルト、収束された電子線を加速するための加速電極（アノード）より構成される。フィラメントから放出された熱電子は、ウエーネルト電極に印可されたバイアス電界の電圧により、アノードに向かって加速される。

【0044】電子レンズ 42 は、電子銃 41 からなる電子源の大きさを、試料 1 上で数 10 オングストロームにまで縮小するものである。図では、簡略に示しているが、通常、電子光学系 42 は、2～3 段からなり、電子銃側の電子レンズを収束レンズ、試料側のレンズを対物レンズと呼ぶ。

【0045】電子ビームを偏向させて照射するための偏向系（例えば偏向コイル）43 は、制御用コンピュータ 45 から、偏向系制御回路 44 を介して制御され、電子ビームスポットを検査対象基板 1 上で 2 次元的に走査する。

【0046】試料室 46 には、真空計 47 が取り付けられ、真空制御回路 48 からの指令により、油回転ポンプ 49 で真空排気され、真空に保たれる。試料室内部には、半導体回路基板（半導体ウエハ）等の被検査試料 1 が、光学式ウエハ外観検査装置 31 または SEM 式外観検査装置 32 で検査された欠陥位置情報等を元に、制御用コンピュータ 45 からの指令に基づいて制御装置（図示せず）によって制御走行されるステージ 411 上にワークホルダによって載置、保持される。

【0047】鏡筒 40 から出射されて収束された電子ビーム（1 次電子）を、ウエハ 410 上に走査すること、例えば 2 次電子がウエハ表面から発生し、これら発生した 2 次電子を、レンズ磁場により対物レンズの内側を通過して集められる。レンズ穴にはエネルギーフィルタ 412 がついており、特定のエネルギーの 2 次電子のみを分離収集する。なお、この際、ウエハ表面から発生する反射電子を検出器 413 で検出して良い。

【0048】検出器 413 は、電子ビームをウエハ等の基板 410 に照射した際、表面から発生する 2 次電子若しくは反射電子を検出するものである。検出器 413 で検出された検出信号は、信号処理回路 414 で増幅さ

れ、A/D 変換された後、バス 361 を介して画像処理回路 451 も含む制御用コンピュータ 45 に転送される。このバス 361 は、インターフェースを介して LAN 36 に接続される。従って、記憶装置 33 に記憶された光学式ウエハ外観検査装置 31 または SEM 式外観検査装置 32 で検査された欠陥位置情報等を欠陥レビュー装置 34 の記憶装置 415 に記憶させることができる。しかし、欠陥レビュー装置 34 は、光学式ウエハ外観検査装置 31 または SEM 式外観検査装置 32 で検査された欠陥位置情報等を記憶装置 33 から読み出して直接利用することもできる。

【0049】制御用コンピュータ 45 は、記憶装置 33 に記憶された半導体ウエハ 1 に関する設計情報を参照して、被検査基板の電位コントラスト画像を解析し、解析結果を表示装置 416 上に表示する。また、解析結果は、記憶装置 415 に記憶される。

【0050】次に、上記欠陥レビュー装置 34 による半導体回路基板上での欠陥画像の解析の第 1 の実施例の前半について、図 5～図 7 を用いて説明する。図 5 は、半導体回路基板 1 上での電子ビームの走査位置を示す図である。欠陥レビュー装置 34 は、記憶装置 33 または 415 に記憶された光学式ウエハ外観検査装置 31 または SEM 式外観検査装置 32 で検査された欠陥位置情報等を元に、制御用コンピュータ 45 からの指令に基づいて制御装置（図示せず）によってステージ 411 を制御することによって、半導体ウエハ 1 上の欠陥位置を電子ビームの光軸にほぼ位置決めし、その個所に電子ビームを偏向系 3 により偏向走査して、検出器 413 により図 5 に示す欠陥個所 52 を含む欠陥画像 61 を検出し、A/D 変換を施して制御用コンピュータ 45 内の画像処理回路 451 に入力し、一時画像メモリに記憶させる。さらに、参照用として、欠陥個所近傍と同じパターンが正常に転写されている箇所 53（通常は、隣接するチップ上での同一箇所）に電子ビームを偏向走査して、検出器 413 により図 5 に示す箇所 53 の参照画像 62 を検出し、A/D 変換を施して制御用コンピュータ 45 内の画像処理回路 451 に入力し、一時画像メモリに記憶させる。54 は欠陥 56 を含むように設定された欠陥画像検出領域の拡大図、55 は参照用に検出する参照画像検出領域の拡大図である。各検出領域において、矢印の如く、電子ビームの照射位置を 2 次元状に走査する。尚、本実施の形態では、欠陥画像と参照画像を検出例について述べるが、欠陥画像のみを検出して解析する方法も考えられる。

【0051】次に、あくまでも、被検査対象基板（半導体ウエハ）1 の表面から 2 次電子若しくは反射電子として検出される欠陥画像を分類する画像処理について図 6 を用いて説明する。61 は、検出して一時画像メモリに記憶された欠陥画像である。欠陥画像 61 中には短絡欠陥孔（コンタクトホール）61a が含まれており、短絡

欠陥孔 61a は、正常な孔 61b より、明るく検出されている。62 は、正常な参照画像（基準画像）である。

【0052】画像処理回路 451 における画像処理は次のステップ 1～ステップ 5 からなる。

【0053】ステップ 1：位置合わせ部 4512 において、例えば、画像メモリから読み出された参照画像（基準画像）62 を欠陥画像 61 に少なくとも画素単位で位置合わせを行う。

【0054】即ち、位置合わせ部 4512 は、欠陥画像 61 と参照画像 62 の位置ずれ量（ $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ）を算出

$$E = \sum |F(x + dx, y + dy) - G(x, y)| \quad \text{(数 1)}$$

更に、算出された不一致量 E が最小になるような（ $dx$ ,  $dy$ ）を位置ずれ量（ $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ）として求めることができる。

【0056】ステップ 2：孔位置特定部 4513 において、位置合わせ部 4512 において位置合わせされた欠陥画像 61 と参照画像 62 との差画像データを元に、欠陥画像 61 における欠陥孔 61a の領域を高精度に特定する。このように特定された欠陥孔 61a の領域の位置座標は、位置合わせされた欠陥画像 61 および参照画像 62 の位置座標を元に得られることになる。

【0057】即ち、孔位置特定部 4513 は、基準座標を示す参照画像 62 中から位置合わせされた欠陥画像 61 における欠陥孔 61a の領域の位置座標を特定する。具体的には、例えば、画像の縦、横方向に画像データを投影し、投影波形のピーク位置から、位置合わせされた欠陥画像 61 における欠陥孔 61a の領域の位置座標を特定する方法が考えられる。

【0058】ステップ 3：孔輝度算出部 4514 において、孔位置特定部 4513 において特定された欠陥画像 61 における欠陥孔 61a の領域の位置座標を元に、特定した欠陥孔領域における平均輝度をその欠陥孔の輝度として算出する。

【0059】即ち、孔輝度算出部 4514 は、位置合わせされた欠陥画像 61 中の欠陥孔位置における輝度を算出する。ステップ 2 で特定した欠陥孔領域における平均輝度をその孔の輝度として算出する。

【0060】ステップ 4：孔輝度基準値算出部 4515 において、孔位置特定部 4513 において特定された参照画像 62 における欠陥孔 61a の領域の位置座標を元に、参照画像中における特定された欠陥孔領域の輝度の平均値を算出することによって、欠陥孔輝度の基準値を算出する。

【0061】即ち、孔輝度基準値算出部 4515 は、参照画像中における特定した欠陥孔領域における平均輝度をその欠陥孔輝度の基準値として算出する。

【0062】ステップ 5：非導通／短絡判定部 4516 において、孔輝度算出部 4514 において算出された欠陥画像 61 中の欠陥孔輝度と、孔輝度基準値算出部 4515 において算出された欠陥孔輝度の基準値との差を算出

し、この算出された位置ずれ量がなくなるよう、例えば、検出画像 61 をずらす処理を行う。位置ずれ量の算出方法としては、例えば、以下の方法がある。欠陥画像  $F(x, y)$  を微少量（ $dx$ ,  $dy$ ）ずらした画像  $F(x + dx, y + dy)$  と参照画像  $G(x, y)$  との不一致量 E を、次に示す（数 1）式に基づいて算出する。なお、欠陥画像  $F(x, y)$  と参照画像  $G(x, y)$  を微少量（ $dx$ ,  $dy$ ）ずらした画像  $G(x + dx, y + dy)$  との不一致量 E を算出しても良い。

【0055】

（数 1）

し、この算出された欠陥孔における輝度の差がしきい値を元に判定して非導通欠陥か短絡欠陥かを判定する。

【0063】即ち、非導通／短絡判定部 4516 は、孔輝度算出部 4514 から得られる欠陥画像中の欠陥孔輝度と、孔輝度基準値算出部 4515 から得られる欠陥孔輝度の基準値との差が、判定しきい値より高ければ短絡欠陥（ショート）、低ければ非導通欠陥（オープン）と判定する。

【0064】上記説明では、欠陥の判定において欠陥画像中の欠陥孔輝度と欠陥孔輝度の基準値との差を、判定しきい値と比較する方法を挙げたが、他にも次に示すような方法が考えられる。すなわち、他の第一の方法としては、ウエハ中から代表的な参照画像を一枚選択し、この参照画像中の欠陥孔の輝度に基づいて、欠陥孔輝度の基準値を算出する方法が考えられる。また、他の第二の方法としては、上記ステップ 4 における欠陥孔輝度の基準値の算出を省略し、欠陥画像中の欠陥孔輝度そのものを判定しきい値と比較する方法が考えられる。

【0065】ステップ 6：欠陥孔配置解析部 4517 において、ビアを格子とする仮想的な 2 次元格子を想定し、各格子点に、格子点上のビアが、非導通／短絡判定部 4516 において判定された非導通欠陥か、短絡欠陥かに応じて、ラベリングまたはクラスタリングを行って、欠陥孔の配置状態 63 を求める。このように欠陥孔の配置状態 63 を求めるのは、欠陥孔はあくまでも被検査対象基板 1 の表面に露出した状態が検出されるだけなので、欠陥孔を発生させている導体部品の種類（被検査対象基板 1 の中に埋もれているワード線、ビット線、ワード線コンタクトホール、ビット線コンタクトホール、1 層メタル配線、2 層メタル配線など）と相関関係をとって特定したいためである。

【0066】即ち、欠陥孔配置解析部 4517 は、ビアを格子とする仮想的な 2 次元格子を想定し、各格子点に、格子点上のビアが短絡か、非導通かに応じて、ラベルを付与する。例えば、短絡の場合 1、非導通の場合 2、正常の場合 0 などとする。更に、この仮想的な 2 次元格子上でラベリングを行い、欠陥孔の配置状態 63 を求める。具体的には、例えば、63 に示すような、欠陥孔分布の 2 次元格子上で X 方向長さ H、Y 方向長さ V

を求める。この配置状態 63 を記述する方法は、上述した例に限定するものではなく、例えば、ラベリング後の欠陥孔分布の縦横比、欠陥孔分布の最大径、などが考えられる。

【0067】また、配置状態 63 を求める方法としても、上述した例によるラベリングに限定するものではなく、一般的なクラスタリングの手法を用いることができる。

【0068】ステップ 7：分類部 4518 において、欠陥孔配置解析部 4517 において求められた欠陥孔の配置状態 63 に基づいて分類を行う。

【0069】即ち、分類部 4518 は、ステップ 6 までに求めた X 方向長さ H、Y 方向長さ V に基づいて、欠陥孔の配置状態 63 を示す (1) 孤立、(2) 縦直線、

(3) ペア、(4) 横直線、(5) 領域に分類する。このように、欠陥孔の配置状態 63 で分類することによって、その欠陥を発生している各種導体部品との相関をとることができることになる。即ち、例えば、ワード線が短絡した場合、ワード線が断線（非導通）した場合、ビット線が短絡した場合、ビット線が断線（非導通）した場合、1 層メタル配線が短絡した場合など、それぞれにおいて、被検査対象基板の表面に現われる欠陥孔の配置状態が予め分かっているからである。

【0070】次に、欠陥孔の配置状態 63 を示す (1)

孤立、(2) 縦直線、(3) ペア、(4) 横直線、

(5) 領域に分類する分類基準の一実施例について説明する。

(1)  $H=1$ 、 $V=1$  ならば孤立、

(2)  $H=1$ 、 $V>1$  ならば縦直線、

(3)  $H=1$ 、 $V=2$ 、または、 $H=2$ 、 $V=1$ 、ならばペア、

(4)  $H>1$ 、 $V=1$  ならば横直線、

(5)  $H>1$ 、 $V>1$  ならば領域と分類することができる。

【0071】もちろん、上記分類基準はごく一実施例を示しただけであって、他の分類基準として、例えば、

(4')  $H/V > th1$  ならば横直線、

(2')  $H/V > th2$  ならば縦直線 ( $th1$ 、 $th2$  は定数) などが考えられる。

【0072】分類部 4518 で分類された独立した分類カテゴリの総数は、{短絡、非導通の 2 通り} × {孤立、縦直線、横直線、ペアの 4 通り} = 8 通り、となる。分類カテゴリの総数は、単独の画像中に複数の異なるカテゴリの欠陥が混在することを想定すると、 $3 \times (2^4 - 1) = 45$  通り、となる。

【0073】図 7 には、制御用コンピュータ 45 内の画像処理回路 451 の分類部 4518 で分類した結果を、表示装置 416 に出力して表示する表示例を示す。結果として表示される情報は、処理結果画像（欠陥画像）61 と、分類結果のテキスト情報である。71、72、7

3、74、75、76 は処理結果画像であり、それぞれペアショート、領域ショート、孤立ショート、孤立オープン、縦ショート、領域オープンを示している。分類結果を見やすくするために、欠陥ビアの分布範囲を容易に特定できるように、欠陥と判定されたビアの周囲を太線の長方形で示している。また、各処理結果画像の下には分類結果を示すテキスト情報が表示される。

【0074】なお、上記欠陥孔配置解析部 4517 および分類部 4518 については、画像処理回路 451 またはコンピュータ部 452 のハードウェアおよびソフトウェアのどちらでも実現することができる。

【0075】次に、上記欠陥レビュー装置 34 による半導体回路基板上での欠陥画像の解析の第 1 の実施例の後半について説明する。第 1 の実施例の後半のシステム構成は、第 1 の実施例の前半と基本的には同じである。即ち、制御用コンピュータ 45 内に、コンピュータ部 452 を備え、図 9 および図 10 に示すように、設計情報 91 を参照して欠陥を分類すべきカテゴリを自動的に定義するカテゴリ定義機能部（カテゴリ定義ステップ）4521 と、該カテゴリ定義機能部 4521 で欠陥が分類されたカテゴリから、欠陥の発生原因を推定する欠陥原因推定機能部（欠陥原因推定ステップ）4522 とを有することである。これらはソフトウェアとして実現することができる。

【0076】図 8 (a)、(b) は、被検査対象基板 1 の一実施例である DRAM の、フォトリソグラフィ工程後の構造を模式的に示す平面図および (a) 図の A-A 矢視断面図である。図 8 (a)、(b) に示す如く、81 はワード線、82 はビット線であり、互いに直交する向きに配線されている。83 はビット線コンタクトホールであり、トランジスタのドレインに接続されている。84 は容量コンタクトホールであり、フォトリソグラフィ工程後プラグが埋め込まれ、上部に電極が形成されるものである。

【0077】次に、検査対象物基板 1 の設計情報と欠陥カテゴリとの関係を図 9 を用いて説明する。91 は、制御用コンピュータ 45 が記憶装置 33 から取得できる検査対象物基板 1 の設計情報を示す模式図である。設計情報は、配線、ホール等、部品の種類を示す情報と、その位置情報（レイアウトデータ）から成る。レイアウトデータは、位置、大きさ等、位置や幾何形状を記述する数値列からなるベクトルデータである。即ち、レイアウトデータ（レイアウト情報）は、ワード線については ( $x11$ 、 $x12$ 、…)、ビット線については ( $x21$ 、 $x22$ 、…)、ビット線コンタクトホールについては ( $x31$ 、 $x32$ 、…)、ワード線コンタクトホールについては ( $x51$ 、 $x52$ 、…)、などで表される。

【0078】コンピュータ部 452 のカテゴリ定義機能部（ステップ）4521 は、上記設計情報 91 を参照して欠陥を分類すべきカテゴリ（以下、分類カテゴリ）9

3を自動的に生成する。92は、事前に分類部458で分類して記憶装置415に登録したカテゴリ（以下、基本カテゴリ）の一覧を示す。カテゴリ定義機能部（ステップ）4521は、設計情報91と基本カテゴリの一覧92を参照して、部品種（部品名）毎に基本カテゴリとの組み合わせによって、分類カテゴリ93を生成する。この生成される分類カテゴリ93としては、例えば、ワード線短絡、ワード線非導通、ビット線短絡、ビット線非導通、1層メタル配線短絡、その他の孤立非導通、その他領域短絡などの一覧で示される。

【0079】上記説明では、事前に基本カテゴリ（短絡、非導通：縦、横、孤立領域など）92を分類部458から得ることを前提としたが、必ずしも基本カテゴリは必要なものではなく、例えば、部品種毎（例えば、ワード線、ビット線、1層メタル配線等）の欠陥の画像を検出器413で検出して取り込み、この取り込まれた部品種毎の欠陥の画像について、図6に示す処理を施すことによって、分類部458から、図9に示す分類カテゴリ（例えば、ワード線短絡、ワード線非導通、ビット線短絡、ビット線非導通、1層メタル配線短絡、その他の孤立非導通、その他領域短絡など）を生成しても良い。即ち、制御用コンピュータ45は、記憶装置33または415に記憶された光学式ウエハ外観検査装置31またはSEM式外観検査装置32で検査された複数の欠陥についての欠陥位置情報を読み出して表示装置416に表示し、その表示された欠陥から任意のものを選択し、選択された欠陥の位置情報と設計情報とを照合することによって、半導体ウエハ1上における部品種毎の欠陥位置を取得することができる。そして、制御用コンピュータ45は、この取得された部品種毎の欠陥位置を元に、ステージ411等を制御することによって、検出器413から部品種毎の欠陥の画像を検出して取り込み、この取り込まれた部品種毎の欠陥の画像について、図6に示す処理を施すことによって、分類部458からは、図9に示す分類カテゴリ93を生成することもできる。

【0080】また、制御用コンピュータ45における分類カテゴリの生成方法は、上記に限定するものではない。他の方法の例として、制御用コンピュータ45において、ホールの大きさが複数種あった場合、設計情報91から得られるその大きさの種類と分類部458から得られる基本カテゴリ92との組み合わせによって分類カテゴリ93を生成する方法が考えられる。

【0081】次に、制御用コンピュータ45等で行う分類処理の流れを図10を用いて説明する。始めに、レビューする被対象基板1の上記欠陥もしくは欠陥候補に対して高解像度が得られる電子ビームを照射して検出器413から欠陥画像 $F(x, y)$ を検出し、次いで、画像処理回路451の452～458で示す部において、検出された欠陥画像 $F(x, y)$ から算出される孔配置に基づいて分類を行う。この処理は、第1の実施例におい

て図6を用いて説明した処理と同等とする。この段階では事前に登録した基本カテゴリ92への分類を行う。次いで、コンピュータ部452におけるカテゴリ定義機能部（ステップ）4521は、設計情報（レイアウト情報）91を参照して、欠陥検出位置に前工程における部品がないか検索し、欠陥個所近傍に前工程における部品が配置されていたら、その部品種（部品名）と基本カテゴリ92との組み合わせから成る分類カテゴリ93に分類する。例えば、基本カテゴリ92が縦短絡であり、近傍にワード線があれば、分類カテゴリ93は、ワード線短絡とする。

【0082】次に、上記分類カテゴリ93に分類されたデータ（（1）ワード線短絡、（2）ビット線短絡、…など）を元にユーザは、事前にカテゴリ欠陥原因相関表94を入力手段35または417などを用いて入力し、記憶装置33または415に記憶させておく。カテゴリ欠陥原因相関表94は、カテゴリ毎に、想定される欠陥原因（例えば、（1）ワード線短絡は、配線（ワード線）フォトリソ工程における配線エッチ不足、露光位置 $x$ 方向のずれ、露光時焦点はずれ、孔フォトリソ工程におけるエッチ過多、露光 $x$ 方向位置ずれ、露光時焦点はずれ、（2）ビット線短絡は、…など）とその事後確率、すなわち、その欠陥を生じせしめた欠陥原因がどの程度の確率であるかを過去の来歴若しくは熟練者による経験的な学習に基づいて登録しておく。事後確率は、ユーザが入力手段35などを用いて更新しても構わないし、検査対象毎に制御用コンピュータ45により動的に更新しても構わない。

【0083】コンピュータ部452の欠陥原因推定機能部（ステップ）4522は、カテゴリ欠陥原因相関表94を参照して、欠陥の分類カテゴリ93と相関の高い欠陥原因を検索し、該検索された欠陥原因を欠陥画像例えば表示装置416に出力して表示する。図11には、表示結果（例えば、欠陥画像、分類結果、および推定原因等からなる。）を示す。なお、表示装置416としては、欠陥レビュー装置34に備えられたものに限定されるものではなく、LAN36に接続されたものでも良い。

【0084】図10では、欠陥の分類カテゴリ93から、原因を一義的に特定する場合の実施例について説明したが、過去の来歴若しくは熟練者による経験的な学習に基づいて、分類カテゴリと原因との相関確率を付与しておき、欠陥原因推定機能部4522は、その相関確率を合わせて、例えば表示装置416に出力して表示してもよい。

【0085】上記説明では、欠陥原因推定機能部4522において、欠陥毎に原因を推定、表示する実施例を説明したが、更に、欠陥原因推定機能部4522は、多数の欠陥について、その欠陥原因の推定結果を統計的に処理し、それら多数の欠陥の検査結果から総合的に欠陥原

因を推定、表示してもよい。統計の対象とする欠陥は、チップ1個分の欠陥全てでもよいし、ウエハ一枚分の欠陥、あるいは、複数のウエハの欠陥から適当に選択したものでもよい。

【0086】図12には、表示装置416において、被検査ウエハ全面における欠陥の分布を表示した画面を示す。ユーザが、例えば画面上において、入力手段417を用いて、任意の種類の欠陥を1種類、ないしは複数種類を選択することによって、選択された欠陥の分布を表示させることができる。複数の欠陥種の分布を同時に表示した際、区別がつくように、欠陥種類毎に異なるマークにより表示する。図12では、○、×等の記号で表示しているが、異なる色のマークに彩色表示してもよい。また、図13は、複数のチップにおける欠陥の分布を重畳して作成した欠陥分布マップを表示した例である。欠陥分布を重畳することにより、チップ内での欠陥分布の傾向をより、的確に捉えることができるようになる。

【0087】以上に述べた実施の形態においては、孔工程における電位コントラスト欠陥を対象としていたが、配線工程においても同様の考え方が適用できる。

【0088】また、以上に述べた実施の形態においては、欠陥位置を既知としてレビューSEM装置を対象にして説明したが、解像度は落ちるがSEM式外観検査装置32上で、上記欠陥分類処理および欠陥原因推定を行ってもよい。

【0089】

【発明の効果】本発明によれば、半導体ウエハ等の被検査対象基板内に埋められたコンタクトホール等の導体部品に発生する導通不良（非導通、短絡など）欠陥について、その発生原因と直接相関の高いカテゴリに自動的に分類してユーザに提示することができる効果を奏する。

【0090】また、本発明によれば、更には、推定される欠陥の原因をユーザに示すことによって、電位コントラスト欠陥の発生原因の容易な把握、推定を支援することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る被検査対象基板である半導体回路基板（半導体ウエハ）を説明する図である。

【図2】本発明に係る電位コントラスト欠陥の検出原理を説明するための図である。

【図3】本発明に係る検査システムの全体概略構成を示す図である。

【図4】本発明に係る欠陥レビュー装置の一実施例を示す構成図である。

【図5】電子ビームの走査位置を説明する図である。

【図6】本発明に係る欠陥画像を元に、被検査対象基板上での欠陥部位についての導通不良欠陥の種類およびその配置状態で示される基本カテゴリを分類する画像処理

について説明するための図である。

【図7】基本カテゴリに分類した結果の表示例を示す図である。

【図8】被検査対象基板であるDRAMの構造を示す図である。

【図9】本発明に係るカテゴリ定義機能部において、被検査対象基板の設計情報と基本カテゴリと照合させて分類カテゴリを生成することを説明するための図である。

【図10】本発明に係る分類カテゴリの分類処理および欠陥の発生原因を推定する処理の流れおよびその構成を説明するための図である。

【図11】分類結果および推定欠陥発生原因の表示画面を示す図である。

【図12】ウエハ上での分類カテゴリのマップ（分類カテゴリ分布）を示す図である。

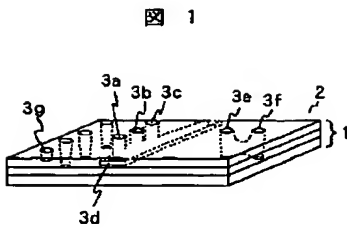
【図13】複数のチップでの分類カテゴリ分布マップを重畳して作成した分布を示す図である。

【符号の説明】

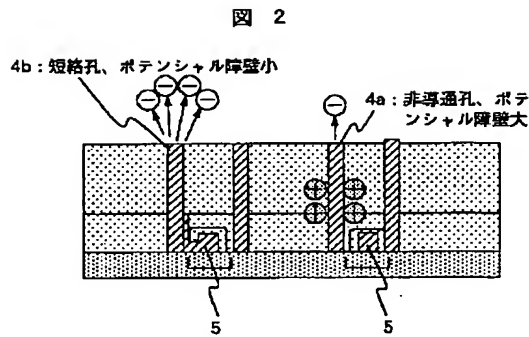
1…被検査対象基板（半導体ウエハ）、2…回路パターン、3a～3c、3e～3g…コンタクトホール、3d…配線パターン、31…光学式外観検査装置、32…SEM式外観検査装置、33…記憶装置、34…欠陥レビュー装置、35…入力手段、36…LAN、361…バス、41…電子銃、42…電子レンズ、43…偏向系、44…偏向系制御回路、45…制御用コンピュータ、46…試料室、47…真空計、48…真空制御回路、49…油回転ポンプ、411…ステージ、412…エネルギーフィルタ、413…検出器、414…信号処理回路、415…記憶装置、416…表示装置、417…入力手段、52…欠陥画像検出領域、53…参照画像検出領域、54…欠陥画像検出領域の拡大図、55…参照画像検出領域の拡大図、56…欠陥、61…欠陥画像、61a…短絡欠陥孔、61b…正常孔、62…参照画像、63…欠陥孔分布算出結果、71…ペアショート分類画像、72…領域ショート分類画像、73…孤立ショート分類画像、74…孤立オープン分類画像、75…縦ショート分類画像、76…領域オープン分類画像、81…ワード線、82…ビット線、83…ビット線コンタクトホール、84…容量コンタクトホール、91…設計情報の模式図、92…基本カテゴリの一覧、93…分類カテゴリの一覧、94…分類カテゴリ毎の欠陥原因相関表、451…画像処理回路、4512…位置合わせ部、4513…孔位置特定部、4514…孔輝度算出部、4515…孔輝度基準値算出部、4516…非導通／短絡判定部、4517…欠陥孔配置解析部、4518…分類部、452…コンピュータ部、4521…カテゴリ定義機能部、4522…欠陥原因推定部。



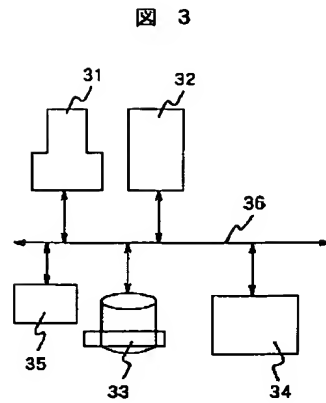
【図 1】



【図 2】

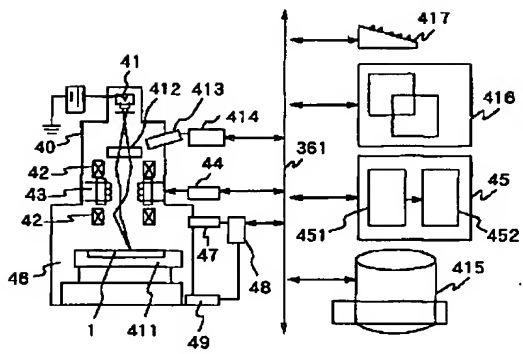


【図 3】

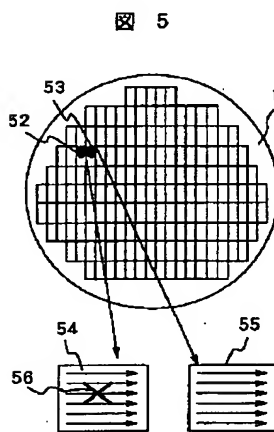


【図 4】

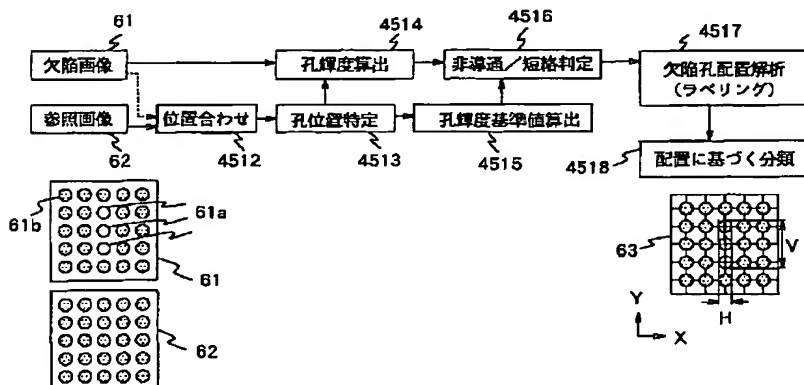
図 4



【図 5】

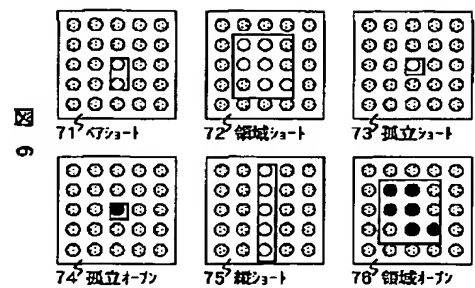


【図 6】



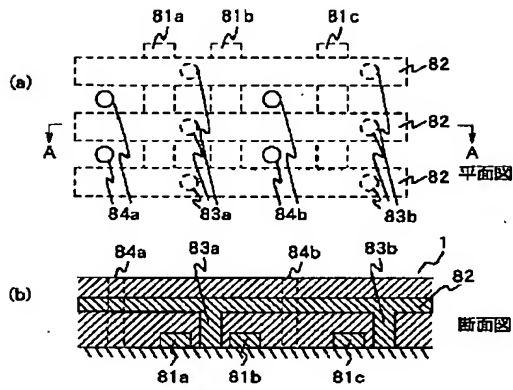
【図 7】

図 7



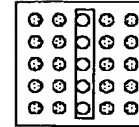
【図8】

図 8



【図11】

図 11



分類結果：ワード線短絡  
推定原因：

- ・配線フォトリソ工程（エッチ不足、露光位置x方向ずれ、露光焦点はずれ）
- ・孔フォトリソ工程（エッチ過多、露光x方向ずれ、露光焦点はずれ）

【図9】

図 9

部品名	レイアウト情報
ワード線	(x11, x12, x13, x14,...)
ビット線	(x21, x22, x23, x24,...)
ビット線コンタクト	(x31, x32, x33, x34,...)
ホール	(x41, x42, x43, x44,...)
ワード線コンタクト	(x51, x52, x53, x54,...)
ホール	.
1層メタル配線	.
2層メタル配線	.

91

事前に登録した基本カテゴリ

- ・短絡、非導通
- ・縦、横、孤立領域

92

4521

カテゴリ定義

生成されるカテゴリの例

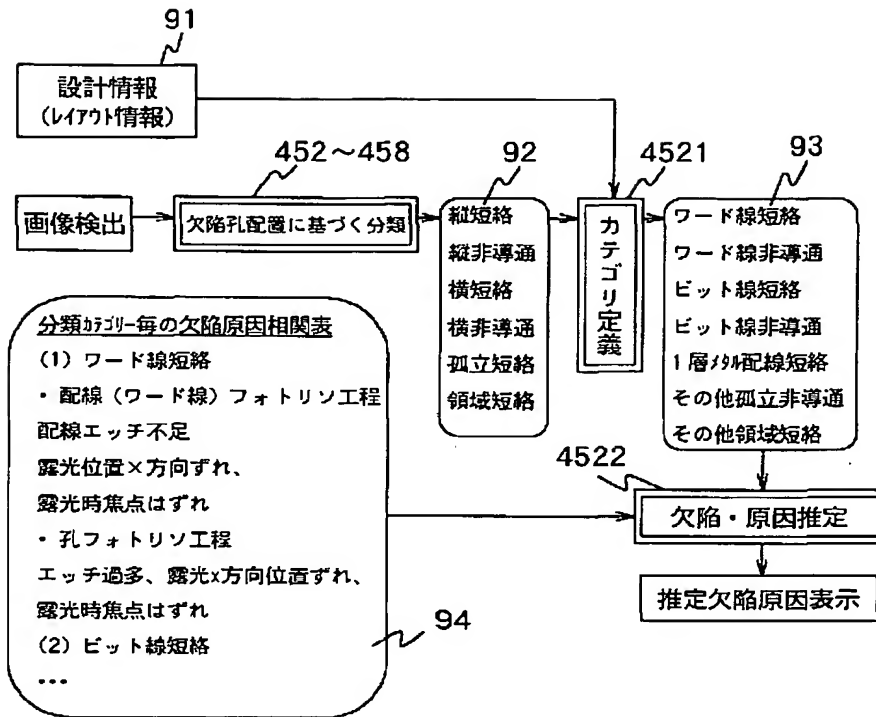
- ワード線短絡
- ワード線非導通
- ビット線短絡
- ビット線非導通
- 1層メタル配線短絡
- その他孤立非導通
- その他領域短絡

93



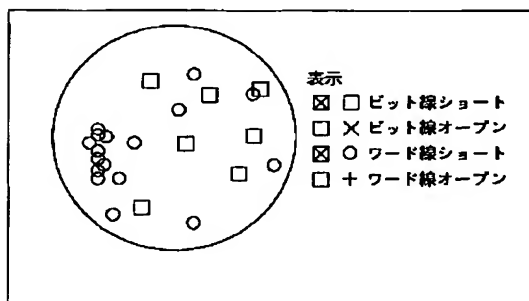
【図10】

図 10



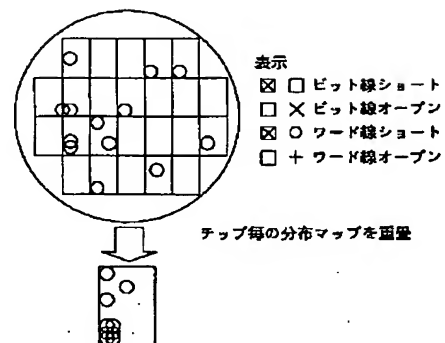
【図12】

図 12



【図13】

図 13



フロントページの続き

(72)発明者 渋谷 久恵  
 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
 式会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 中垣 亮  
 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
 式会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 黒崎 利榮  
茨城県ひたちなか市市毛882番地 株式会  
社日立製作所計測器グループ内

(72)発明者 小原 健二  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
式会社日立製作所生産技術研究所内

F ターム(参考) 2G001 AA03 BA07 BA15 CA03 EA05  
FA01 FA06 GA04 GA05 GA06  
JA07 JA13 JA16 KA03 LA11  
MA05 PA07 PA11  
4M106 AA01 AA11 BA02 CA16 CA38  
DB05 DB21 DH07 DH24 DJ04  
DJ11 DJ20 DJ23  
5C033 UU05 UU06